



## I CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA AMBIENTAL EN SISTEMAS ACUÁTICOS, CChIASA

### CARACTERIZACIÓN DE LA NIEVE DE DISTINTAS LOCALIDADES DE CHILE MEDIANTE EL USO DEL MODELO SNOWPACK

**SEBASTIÁN MENGUAL<sup>1</sup>**  
**JAMES McPHEE<sup>2</sup>**

#### **RESUMEN EXTENDIDO**

Existe un conocimiento incompleto de las propiedades de la nieve en Chile, lo cual es un problema debido a que la mayoría de las cuencas de nuestro país son de régimen nivo-pluvial, por lo que existe una cantidad no despreciable de agua dulce en forma sólida (nieve y glaciares). Esta falta de información es un problema al momento de hacer proyecciones de disponibilidad de agua de manera completa y al hacer estudios integrados de cuencas.

El modelo numérico SNOWPACK (Lehning and Bartelt, 2002), desarrollado por investigadores suizos del instituto para la investigación de nieve y avalanchas SLF, permite modelar la estructura y propiedades de la cubierta nival y su evolución en el tiempo, mediante la resolución de las ecuaciones de balance de masa, energía y momentum de las fases líquida, sólida y gaseosa del manto, utilizando como datos de entrada información meteorológica del lugar de estudio (temperatura atmosférica, radiación incidente, humedad relativa, velocidad y dirección del viento y precipitación) y mediciones en terreno (altura de nieve). Una de las particularidades de este modelo, es que se centra en la microestructura de la cubierta de nieve, siendo capaz de representar el tipo de grano de los estratos que se forman debido a los procesos físicos involucrados: depositación, derretimiento y recongelamiento de la nieve.

El modelo fue aplicado en la estación Tascadero, perteneciente a la red hidrometeorológica del CEAZA, ubicada en las cercanías del nacimiento del río Tascadero, en la comuna de Monte Patria, cerca de la frontera con Argentina, sus coordenadas son 31.26° latitud sur y 70.54° longitud oeste (figura 1). El horizonte de simulación en ese lugar de estudio se extiende desde principios del 2013 hasta fines de 2015, años muy disímiles en cuanto a precipitación caída, estimándose para el año 2013 del orden de 110 milímetros, el 2014 del orden de 80 milímetros y el año 2015 del orden de 520 milímetros, lo cual se ve reflejado en los resultados de la modelación (figura 2).

---

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile.

Contacto: [sebastian.mengual@ug.uchile.cl](mailto:sebastian.mengual@ug.uchile.cl)

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile. Advanced Mining Technology Center.

Contacto: [jmcphee@u.uchile.cl](mailto:jmcphee@u.uchile.cl)

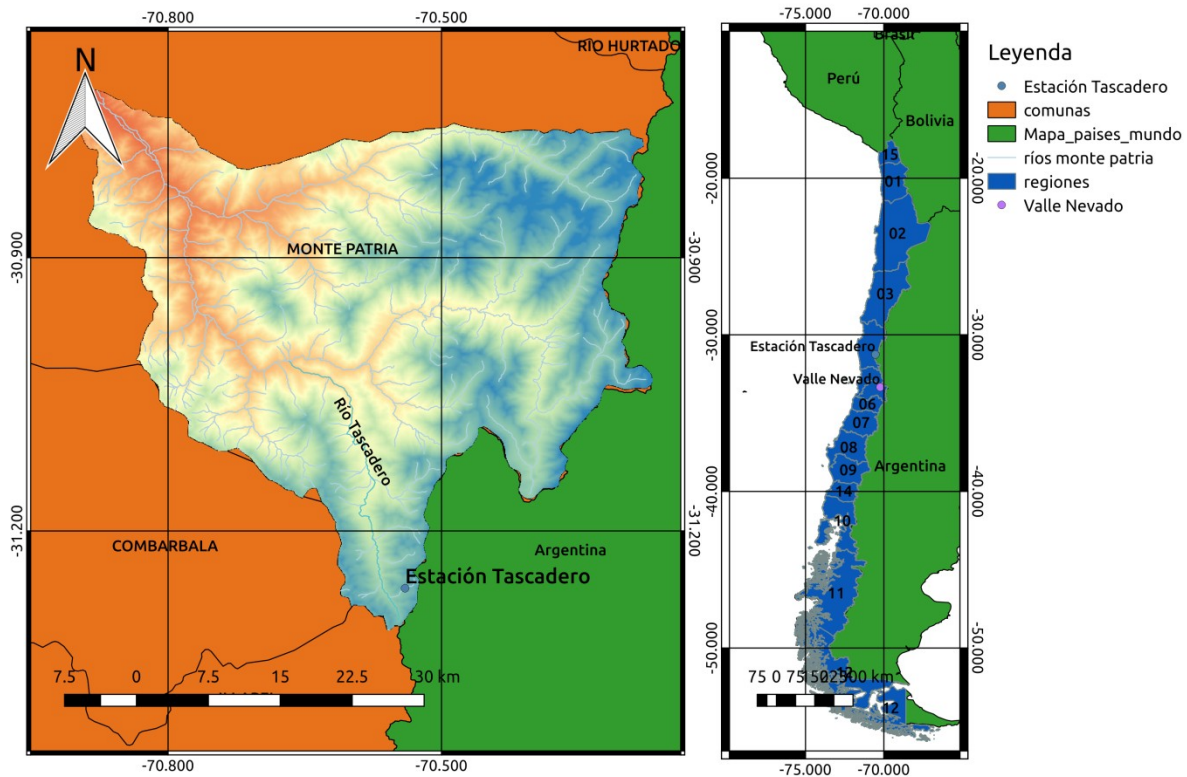


Figura 1: Ubicación estación Tascadero.

Algunos resultados preliminares se pueden observar en la figura 2, en donde se presenta la estructura de los estratos conformados en los tres años de simulación, la distribución de la temperatura en el manto nival, y finalmente el SWE (equivalente agua-nieve). Al observar la distribución de temperatura para los tres años, se observa que para el 2015, a pesar de ser el año con mayor altura de nieve debido a la mayor precipitación registrada, el manto se encuentra mucho más cálido que en los años anteriores (ver escala de colores), lo cual repercute en sus propiedades, como son la densidad, los tipos de granos y estratos que se generan y la estabilidad, entre otras. Debido a la alta temperatura de la nieve y su escasa variabilidad en la vertical en el año 2015, la nieve se encuentra en un proceso de derretimiento en la mayoría de la temporada (melt forms), aunque al principio se pueden observar estratos estables con granos redondeados (color rosado). En los años anteriores se observa que la cubierta de nieve posee un gradiente de temperatura mayor, lo que favorece la formación de cristales de nieve angulares (faceted crystals), representados por el color celeste y de escarcha (depth hoar), representada por el color azul, con sus variaciones intermedias.

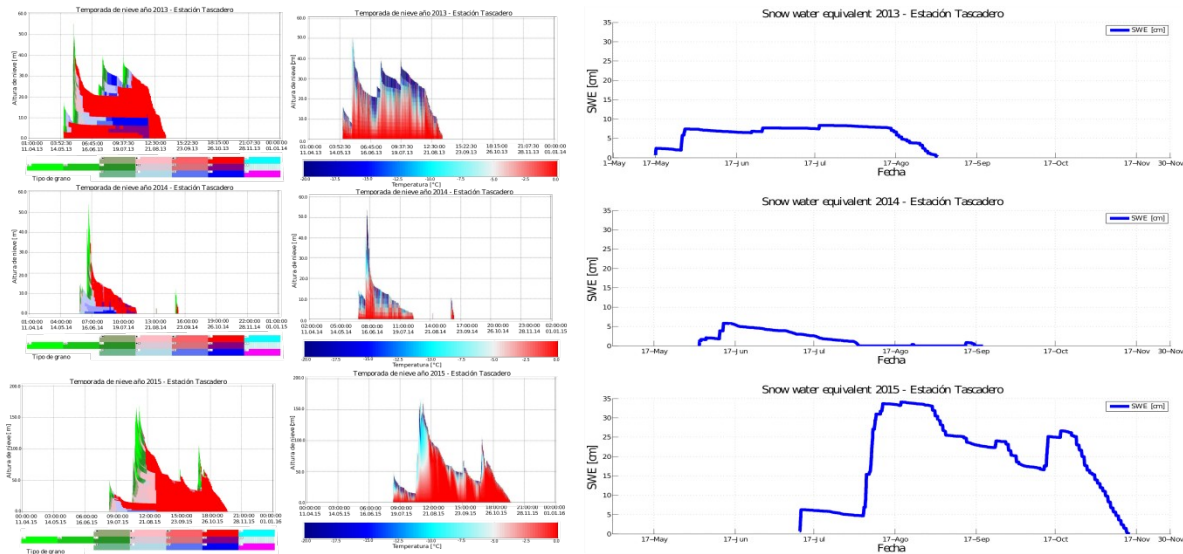


Figura 2: Tipo de grano, Temperatura del manto y SWE - Estación Tascadero.

Otra variable interesante de estudiar es el contenido de frío, la cual engloba los efectos de la temperatura, altura y la densidad en el manto nival. Es una medida de la energía contenida en el manto, siendo un indicador del proceso de derretimiento y recongelamiento de la cubierta. Existen tres fases básicas en este proceso:

- Fase de calentamiento: La energía absorbida por el manto aumenta su temperatura promedio, hasta un punto en que se destruye el gradiente vertical de temperatura, quedando en 0 [°C].
- Fase de madurez: La energía que se sigue absorbiendo ahora es usada para derretir la nieve, pero esa agua derretida es retenida en los poros de la cubierta nival por la acción de la tensión superficial. Al final de esta fase, el manto no es capaz de retener más agua líquida, y se dice que está “maduro”.
- Fase de salida: La absorción adicional de energía produce la salida del agua, la cual puede ser en forma de derretimiento, infiltración o evaporación.

Cabe destacar que esta división de fases es idealizada y en general no siguen una secuencia definida, sino que ocurren los tres procesos simultáneamente dentro del manto. En la figura 3 se observan los perfiles de densidad y el contenido de frío para Tascadero en el horizonte de modelación. Notar que, a diferencia de la figura 2, en ésta no se ordenaron dentro del mismo período de tiempo las series de contenido de frío, debido a que se distorsiona el resultado y no es posible apreciar las variaciones diarias correctamente, por lo que las escalas verticales y horizontales de los gráficos de contenido de frío no son iguales.

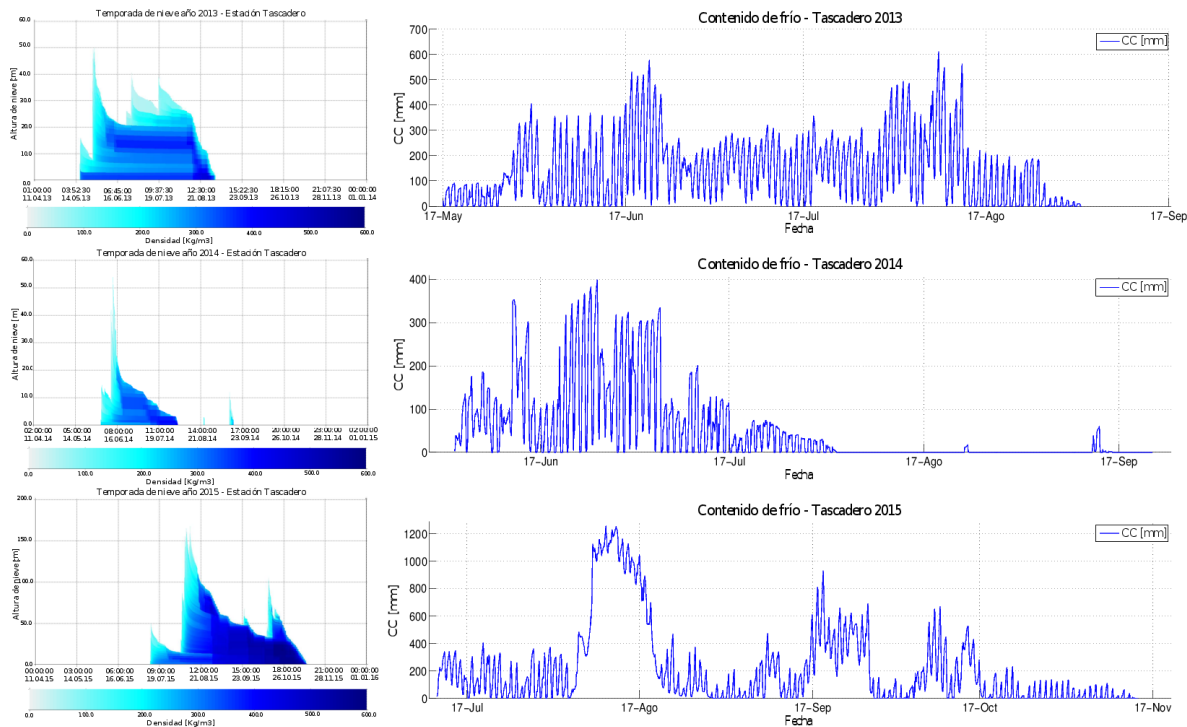


Figura 3: Densidad y contenido de frío - Estación Tascadero.

Es posible apreciar para los años 2013 y 2014, unos ciclos marcados de derretimiento y recongelamiento, debido a que el contenido de frío oscila bruscamente, llegando a cero en varias oportunidades en estos períodos, no así en el año 2015, en donde se observan períodos de acumulación de energía, siendo el más significativo a mediados de agosto (período invernal), donde la energía proveniente de la radiación es menor que en otras épocas del año. Dado esto, se puede comentar que en este año los flujos radiativos de energía son los que controlan la acumulación de energía en el manto, y en los años anteriores puede decirse que son los flujos turbulentos de energía (calor latente y sensible) los que controlan, dependientes fuertemente de la temperatura atmosférica.

## Referencias

- Lehning, M. and Bartelt, P. (2002). A physical snowpack model for the swiss avalanche warning; Part I: numerical model. *Cold Regions Science and Technology*, 35(3):123-145.
- DeWalle, D. R. and Rango, A. (2008). *Principles of snow hydrology*. Cambridge University Press.